

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-78336

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月24日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 D 21/02			G 0 1 D 21/02	
G 0 1 B 7/06			G 0 1 N 27/90	
G 0 1 N 27/90			G 0 1 B 7/10	Z

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平8-199908

(22) 出願日 平成 8 年(1996) 7 月30日

(71) 出願人 596111575

カーマン・インスツルメンテーション・コーポレーション

Kaman Instrumentation Corporation

アメリカ合衆国 コロラド州 コロラド・スプリングス ガーデン・オブ・ザ・ゴッズ・ロード 1500

(72) 発明者 ティモシー・ジョン・ダニエルソン

アメリカ合衆国 コロラド州 モニュメント ゴールデン・バイン・レーン 1070

(74) 代理人 弁理士 網谷 信雄

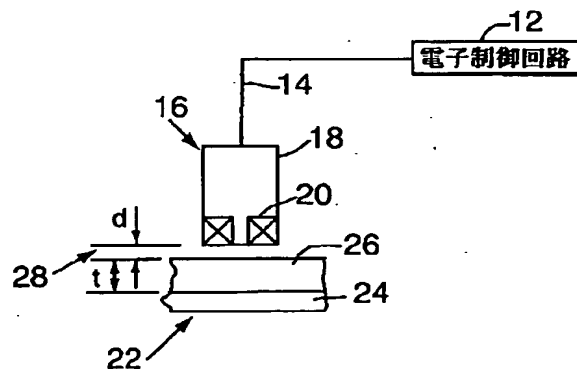
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パラメータ補償付き複数パラメータうず電流計測システム

(57) 【要約】 (修正有)

【解決手段】 導電性を有する被計測物 2 2 の複数のパラメータを計測するために、1 つのうず電流コイル及び 1 つの固定周波数を用いる。センサコイル 2 0、信号条件化電気装置 1 2 等からなるうず電流センサは、被計測物 2 2 の厚さ t 及びコイル 2 0 から被計測物 2 2 への距離を計測可能である。被計測物 2 2 からコイル 2 0 への距離、すなわちリフト・オフ (l i f t - o f f) 距離と、被計測物 2 2 の電気的特徴の一つ (抵抗率など) を同時に計測可能である。

【効果】 リフト・オフ距離に起因するみかけの抵抗率の誤差を矯正する場合、被測定物 2 2 の素材の特徴を把握できる。被計測物の 1 つの特性及びセンサの 1 つの特性がどのような組み合わせであっても、これを決定することができる。また、うず電流センサの精度が高くなると共に、1 個のコイル 2 0 及び 1 つの固定周波数しか使用しないため低コストで製造できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被計測物の物理的パラメータ特性を計測する方法であって、上記被計測物のパラメータが素材、厚さ、温度、透磁率及び導電率を含み、予め選択された直径の電気コイルを有する電流センサを設けるステップと、上記コイルを上記被計測物から選択された分離距離だけ離して位置するステップと、上記励磁信号を計測して選択された角周波数の励磁信号を上記コイルにもたらしステップと、上記励磁信号を計測して上記被計測物のパラメータを決定するステップとを含む方法であり、システムの電氣的パラメータを定義する電氣的構成要素を有する励磁回路を設けるステップであって、上記励磁回路が上記システムの電氣的パラメータにより定義される励磁回路インピーダンスをさらに有するステップと、上記被計測物の透磁率と抵抗率との実効積及び上記分離距離が励磁回路インピーダンス平面において一点に位置するように選択された一つの角周波数において、励磁信号を上記コイルにもたらしステップと、上記励磁信号の電圧の振幅（マグニチュード）を計測するステップと、上記励磁信号の位相を計測するステップと、上記励磁回路インピーダンス平面上の一点を示す信号を発生させるステップと、上記パラメータのうち所望の一つの計算値を示す信号を発生させるステップとをさらに含むことを特徴とする方法。

【請求項2】 上記被計測物の透磁率及び導電率の実効積が上記インピーダンスの虚成分としてのみ機能し、上記分離距離の大きさが上記インピーダンスの実成分としてのみ機能するように予め選択された一つの角周波数において、励磁信号を上記コイルにもたらしステップと、上記被計測物の透磁率及び導電率の積の計算値を示す信号を発生させるステップとをさらに含む請求項1記載の方法。

【請求項3】 被計測物の物理的パラメータ特性を計測するシステムであって、上記被計測物の物理的パラメータが素材、厚さ、温度、透磁率及び導電率を含み、電流センサと、上記センサを上記被計測物からある選択された分離距離だけ離して位置する手段と、予め選択されたある角周波数の励磁信号を上記センサにもたらし信号発生手段と、上記励磁信号を計測して上記被計測物のパラメータを決定する手段とを含むシステムであり、システムの電氣的パラメータを定義する電氣的構成要素を有する励磁回路であって、上記システムの電氣的パラメータにより定義される励磁回路インピーダンスをさらに有する励磁回路と、上記励磁回路に電氣的に接続され、直径が予め選択された一つの電気コイルを有するセンサと、上記被計測物の透磁率と抵抗率との実効積及び上記分離距離が励磁回路インピーダンス平面において一点に位置するように予め選択された一つの角周波数において励磁

信号を上記コイルにもたらし信号発生手段と、上記励磁信号の電圧のマグニチュードを計測する手段と、上記励磁信号の位相を計測する手段と、上記パラメータのうち所望の一つを示す出力信号を発生するプロセッサ手段とをさらに含むことを特徴とするシステム。

【請求項4】 上記被計測物の励磁率及び導電率の上記実効積が上記インピーダンスの虚成分としてのみ機能し、上記分離距離の大きさが上記インピーダンスの実成分としてのみ機能し、上記プロセッサ手段が、上記被計測物の励磁率と導電率との実効積の計算値を示す信号を発生させる請求項3記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は一般にうず電流センサ装置に係り、特に、導電性を有する被定物の複数のパラメータを同時に計測するための単コイルを使用する装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】うず電流センサは従来よりよく知られている。これらの装置は、分離或いは電気抵抗等のパラメータを非接触計測するのが望まれるような様々な状況において使用される。うず電流センサは、素材の変位(displacement)、電氣的性質、及び素材の電氣的特性を変える他の物理的特徴（例えば厚さやきず）を計測するのに用いられてきた。そのような適用例の一つとして、磁性鋼ローラにおけるランナアウト(runout)の計測が挙げられる。この場合、ローラにおけるランナアウトを計測するのにうず電流センサシステムが用いられてきたが、この種のローラにおいて一般的な透磁率変化に対する敏感さのため、その精度が限定されてしまう。また、アルミニウム缶を成型中その厚さの計測するのに、うず電流センサシステムが適用される。缶の製作過程においては、超硬パンチが用いられ、アルミニウムカップが一連のダイスを介してドロウ成形されて、缶の完成体が形成される。パンチの中心線位置は缶の実際の厚さに影響すると共に、従来装置においては、缶の見かけの厚さにも影響する可能性がある。

【0003】うず電流を用いた厚さの検知は、従来の技術において既に行われており、従来の装置には、システムが距離に対して鈍感(Insensitive)になるよう回路インピーダンスを調節するものが含まれる。このシステムは、一般に、一つのドライバコイルと二つのピックアップコイルとを備えた典型的な三コイルうず電流装置構成を用いている。ドライバコイルがAC磁界により素材を励磁すると共に、ピックアップコイルが、素材内に誘導されるうず電流により生じたインピーダンス変化を検知する。この技術は三つのコイルを用いているので、製作

コストが比較的高く、また、制限された範囲内で操作されない場合、リフトオフ(lift-off、センサと被計測物との分離)による誤差に対しなお敏感である。他の装置は、単コイルで被覆(クラディング)厚さを検出するためにうず電流センサを用いているが、やはりリフトオフから生じる誤差には敏感である。厚さの変化を他の効果から区別するため、複数の周波数を有した装置が開発されているが、二つの周波数は実施するのに高コストと複雑な回路構成とを要する。

【0004】うず電流装置によって厚さを計測する他の装置には、うず電流センサの直交インピーダンス出力を用い、被計測物表面からのリフトオフを決定してそれと同じ分を補償するものがある。リフトオフ誤差は、センサを特定のインピーダンスに物理的に移動し、その直交インピーダンス成分を計測することによって修正される。しかしながら、この設計は幾つかの固有の問題を有している。例えば、サーボシステムはセンサを物理的に(動かして)位置付けなければならない、これにより高速で使用できない、配置が制限される、装置の使用環境に著しい制限が加えられるといった、装置の利用性を著しく阻害する要求が生じる。さらに、適切な操作を行うためには、インピーダンス信号成分(実数及び虚数)が完全に直交しなければならない。

【0005】一般に、既知の装置は、一つのパラメータのみを計測でき、通常はこのパラメータにもう一つのパラメータが従属するように構成される。例えば、米国特許第4,290,017号に開示された装置及び方法は、ゲインを供給するための増幅器を備えたオシレータ(発振器)と、増幅器の入力と出力とを接続するフィードバックループと、そのループ内に接続され、発振器の信号のレベルと周波数とを、被計測物サンプルの表面に誘導されたうず電流に応じて調整する2ポート強磁性共振器とを有する。可変減衰器が設けられ、これはフィードバックループに接続されて発振器のパワーレベルを調節する。また調節可能な移相器(phase shifter)が設けられ、これはループ内の信号の全移相を変化させる。また回路に接続されたプローブも設けられ、これは、過渡モード(transition mode)において、うず電流によって発生する電磁場に反応するようになっている。プローブは強磁性結晶を含み、外側回路ループがその結晶を取り巻き、内側回路ループが外側ループに直交してその結晶を取り巻く。この装置(米国特許第4,290,017号)はシステムの信号のマグニチュード及び位相の両方の変化の計測可能であり、回路のインピーダンスの実部及び虚部を各々独立して計測できる。

【0006】米国特許第4,727,322号は、プローブを表面に近接させた結果として被計測物に発生するうず電流により、例えば被計測物の厚さ等のシステムパラメータを計測するための方法及び装置を開示している。プローブにおけるセンサは、複雑なインピーダンスの二つの直

交成分を計測する。第4,727,322号による装置の操作に際し、センサは、インピーダンスの成分が所定値に達し、特性値が他の成分の値として計測されるまで、被計測物の方向に移動される。第1の成分は、センサと被計測物との距離の変化に最も敏感な要素として、較正中に選択される。

【0007】米国特許第3,358,225号に開示された装置は、うず電流計測器のためのリフトオフ補償技術について詳述している。この装置はインピーダンスブリッジを含み、インピーダンスブリッジは一定の周波数と電圧とで作動する一つの発生器を有する。この装置は、導電性を有するサンプルに近接して位置されたうず電流プローブのインピーダンスを、このプローブに関連した標準インピーダンスと比較し、インピーダンスブリッジのアンバランスの無効成分及び抵抗成分の出力を各々別々に供給するために用いられる。この装置は、一つの出力の所定部分を選択し、それを他の出力と合わせて、読取り装置に接続された信号を供給し、検査中の被計測物サンプルの厚さを示す機構を含む。

【0008】うず電流非接触センサはまた、米国特許第3,619,805号に見られる非接触変位変換器と、被計測物の瑕疵検知のための米国特許第4,755,753号に示されたうず電流表面マッピングシステムとを含む。米国特許第3,718,855号及び第3,496,458号のうず電流瑕疵検知システムは、その検知用センサプローブにおいて単コイルに依存している。不規則な表面を調べる(スキャンする)のに用いられるうず電流プローブを支持する装置(米国特許第4,644,274号)において、他の単一のプローブ装置の例が見出される。この米国特許第4,438,754号に見られる電磁システムは、器具と被計測物との間の空間的な関係を検知し且つ遠隔制御するために用いられる。このシステムは、器具及び被計測物に対向して位置され、その結果、磁束が磁気要素間を被計測物の表面を貫いて通過する磁気装置に基づくものである。

【0009】これら従来装置は、一般に、複数のコイルや周波数の必要であるという欠点、あるいは、異なるパラメータ(素材の厚さ又は分離の度合い等)を同時に計測できないという欠点を有する。単コイルしか用いず、且つ二つのパラメータを同時計測できるうず電流装置であるのが望ましいのであり、本発明のシステムはそのような発明に近づくことを目的とする。

【0010】

【発明の概要】本発明の目的は、一つの固定された周波数で操作される一つのうず電流センサコイルを用いて二つのパラメータ(例えば厚さ及び変位)を同時に計測する計測システムを提供することにある。

【0011】本発明の他の目的は、素材の電気的性質の変化に比較的鈍感な上記のようなタイプのシステムを提供することにある。

【0012】本発明のさらに他の局面は、出力信号がシ

システムインピーダンス平面において特定の点に位置する (map to unique points) 上記のようなタイプのシステムを提供することである。

【0013】本発明のさらに他の目的は、2個以上の変数を検知できるように電気的出力信号を直交させる上記のようなタイプのシステムを提供することである。

【0014】本発明のさらに他の目的は、温度を計測でき、これを他の計測されたパラメータに対する修正要素として使用可能な上記のようなタイプの装置を提供することにある。

【0015】本発明のさらに他の局面は、一つのセンサで、限られたスペースで、過酷な環境下で、比較的単純な電子装置で計測可能で、しかも計測パラメータに対し良好な感度を維持する上述のようなタイプの装置を提供するものである。

【0016】本発明によれば、被計測物の物理的パラメータ特性（パラメータは素材、厚さ、温度、透磁率及び導電率を含む）を計測する方法が、システム電気パラメータを特徴とする電気成分を有する励磁回路を設けるステップを含み、その励磁回路はさらに、上記システム電気パラメータで定義される励磁回路インピーダンスを有する。

【0017】その方法は、予め選択された直径の電気コイルを有するセンサを設けるステップをも含む。そのコイルは、被計測物からの選択された分離距離に位置される。一つの予め選択された角周波数の励磁信号がコイルに発生され、その角周波数は、被計測物の透磁率及び抵抗率と分離距離との有効積が、励磁回路インピーダンス平面の一つの点に位置するよう予め選択される。その方法は、励磁信号の電圧の振幅（マグニチュード）を計測するステップ、励磁信号の相を計測するステップ、一つの励磁回路インピーダンス平面の点を示す信号を発生するステップ、所望の一つ或いはそれ以上のパラメータの計算値を示す信号を発生するステップをさらに含む。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を説明する。

【0019】上述したように、うず電流センサは様々な用途において用いられてきているが、一般に、うず電流センサは、距離などの一つの特定のパラメータに対して高い感度を持つように設計されている。本発明は、厚さや距離などの多数のパラメータを同時に関知し、ある計測方法の結果を、別の計測の好ましくない感度を補正するために用いる。本発明の利点は、1個の低コストのセンサコイルを用いること、およびセンサの周波数を別の周波数に切り換えるのを避けることである。さらに、本システムは、あるパラメータの数値を別のパラメータの数値で補正する能力を有し、結果として優れた精度を有する。また、温度を検知することも可能であり、よって、これを他のパラメータへの第3の補正要因として用

いることができる。

【0020】一般に、本システムによって3つの主要なパラメータを検知することができ、これらの主要パラメータは、電気的特性、厚さ、および距離である。うず電流センサによる検知は、 $r^2 \omega \mu \sigma$ の積で表される定数により決定される。“ r ”のパラメータは、構成を変更可能なコイルの半径を表し、本実施の形態においては定数である。“ ω ”のパラメータは、コイルを励磁することに用いられる電流または電圧の角周波数であり、本実施の形態においては変更可能であるが、一般には、連結した回路構成を単純にするため定数である。“ μ 、 σ ”のそれぞれのパラメータは、素材の透磁率および導電率である。うず電流センサによって検知される素材の実効導電率は、対象素材または対象結合構造（target geometry）の厚さによって変化することに注意されたい。したがって、素材の厚さは、実際の μ および σ の数値が定数であれば、決定することができる。

【0021】本システムは、標準的な3つのコイルによる構成を必要とせずに被計測物の厚さを計測する。別の言い方をすれば、ただ1つのコイルを用い、また、インピーダンス成分を直交させる必要がない。うず電流センサを用いることによる距離（または変位）の感知は、本システムの別の典型的な応用例の1つである。距離を検知するシステムは、インダクタンス、抵抗の変化を検知するか、又は両パラメータを合成したもの（例えば Q 値、 $Q = \omega L / R$ ）を検知する。一般に、これらの既知のシステムは、素材の常に一定であるような特性に依存する。（常に一定であるような素材特性が望ましいのは、）それらの素材物性が出力信号結果に影響するからである。

【0022】本発明においては、特定の距離及び特定の電気的特性の下において、システムのインピーダンスが複素インピーダンス平面における特定の点になることが認識されている。ある構成において、パラメータは、数学的に直交する等積（equivalents）に分解でき、この結果、一つのパラメータが別のパラメータの関数になる。しかしながら、他の状況下では、そのような解析が妨げられる。とにかく、システムのインピーダンスを示す信号は、ある特定の変数の集合としてのインピーダンス平面における特定の点に写像されることになる。出力信号は、実部および虚部のインピーダンス部分、位相およびマグニチュード、または他のインピーダンスの組み合わせに対応する。変数またはパラメータの集合は、厚さおよび距離、または素材の特性および距離に対応する。

【0023】 $r^2 \omega \mu \sigma$ として上述したスケーリングパラメータは、従来のシステムにおいてインピーダンス出力の特性を決定するための手段として普通に用いられており、ある種の素材には適当である。しかし、 r 、 ω 、 μ 、 σ によりインピーダンス特性が決定されるにして

も、素材の相対的な透磁率が単一でないので、これらのパラメータの積のみをスケーリングパラメータとして用いる場合、あまり正確さが期待できない。これは、ファクタが複雑になりこれを解析で表すのが困難で、多くの場合数値解析により最適化されることを意味する。

【0024】その結果として、本システムは、鋼製ローラーのランアウト(run out)または上述した缶厚さを計測する応用例において容易に用いることができる。本システムは、ローラー内の透磁率の変化に対して鈍感な鋼製ローラーのランアウトの計測を可能にする。本発明において、缶の厚さは、パンチの中心線位置の計測と同時に確かめられ、従って、厚さの制御に役立つばかりでなく、パンチの位置変更によって生じる見かけの厚さの誤差を補正することにも用いられ得る。

【0025】本発明により提供されるセンサ配置を有するシステムの配線略図が、図1に示されている。システム10は、電気制御回路構成要素12を含み、電気制御回路構成要素12は、ライン14を介して磁励信号をセンサ16にもたらす。センサ16は、センサボディ18とセンサボディ18の末端に配置されたセンサコイル20とから構成される。センサコイル20は、被計測物22に接して位置される。

【0026】被計測物22は、基体24および外側のクラッキング26を含む。システムは、センサと被計測物との間の間隙に相当する“リフトオフ”28を計測するように構成可能である。

【0027】センサのインピーダンス変化は、励磁信号周波数(ω)、センサコイルの平均半径(r)および対象素材の導電率(σ)を含む幾つかのパラメータの関数である。当業者であれば、導電率が単純に $1/\rho$ で表され、“ ρ ”(ロー)が抵抗率であるということが分かるであろう。計測の対象である素材の透磁率(μ)および対象までの距離(d)も同じくファクター(要因)である。もし、周波数および直径が固定されていれば、インピーダンスは σ 、 μ 、または d によって変化するであろう。センサコイルの直径が特定されていれば、既知の数値的方法を用いて、コイルが σ および μ および d を組み合わせた積に対して鋭敏になるように周波数を見つけることができる。この周波数は、 σ 、 μ のパラメータの組み合わせが主に複素インピーダンス相に影響し、一方、パラメータ d が主に複素インピーダンス出力の振幅(マグニチュード)に影響して、お互いに独立するように変更可能である。相対透磁率が均一、すなわち、 $\mu_r = 1$ の素材に関しては、コイル周波数は σ および μ および d の積に関連する。他の状況において数値的方法を用いて最適化された σ および μ および d の“組み合わせ”は、以下“実効積”として言及される。上述したように、実部および虚部のインピーダンスは、インピーダンス出力の位相および振幅(マグニチュード)に数学的に関連しており、従って、どちらの変数を用いてもよい。

この2つの効果(インピーダンス出力の位相及び振幅(マグニチュード))は数学的に選り分けることが可能なので、特定の周波数を見つけることは必要条件ではないが、一般的には特定の周波数を見つけることが望ましい。

【0028】本発明は温度補償を行うことも可能である。素材パラメータ(例えば厚さ、 σ 又は μ)が一定ならば、温度変化によりセンサコイル直列抵抗が、それに比例して変化する。抵抗変化は、複素インピーダンスの実数部における変化として現れる。温度変化の補正は、それ故、特定の温度及び距離もまた複素インピーダンス平面上の特定の点に位置されると認識することにより、なされ得る。上記の技術は距離計測の温度変化を補正するのに用いられる。

【0029】図2は、数値解析の既知の方法を用い、電気的特質及び距離が正規化インピーダンスに及ぼす効果を図によって示したものである。(グラフの)垂直軸29は正規化された虚数部コイルインピーダンスに対応し、水平軸30はセンサコイルの正規化された実数部インピーダンスに対応する。図2に示される曲線31、32、34、36は、 γ 、 σ 、 μ 、 ω 及び d (変位)に特定の値を取る場合を各々示している。距離は点38で無限大に設定され、一方、曲線40、42、44、46は定変位の線に対応する。見出し48には、素材曲線の各々について、 μ オームcmで表される ρ (ロー)の値が挙げられている。

【0030】適切なインピーダンスを発生させるためには、以下のステップが実行されねばならない。第1に、特定のパラメータ組すなわち計測の“目標”が、以下のように決定されねばならない。

【0031】1) 素材(素材の鈍感さ(insensitivity))に影響されない変位出力信号を作成する。

【0032】2) 素材の抵抗率に比例した出力信号を作成する。

【0033】3) 抵抗率の出力信号及び変位の出力信号を作成する。

【0034】4) 透磁性に比例した出力信号を作成する。

【0035】5) 透磁性及び変位に比例した出力信号を作成する。

【0036】6) 厚さに比例した出力信号を作成する。

【0037】7) 厚さ及び変位に比例した出力信号を作成する。

【0038】8) 温度及び変位に比例した出力信号を作成する。

【0039】9) 温度及び $\sigma\mu$ (実効積)に比例した出力信号を作成する。

【0040】上述のパラメータ組のうちの1組が一旦選択されたなら、最適の解を見出す上で補足的に行ってよいことが他にもある。例えば、パラメータのわずかな変

化(例えば同じ素材に異なるメッキがされている場合の変化)を補正するような場合には、パラメータにおける大きな変化(例えば完全に異なる素材間の変化)が、この補足の一例である。図2に示されている例において、本システムは、アルミニウム($\rho=3.3\mu\text{オームcm}$)、ハフニウム($\rho=30\mu\text{オームcm}$)、ステンレス鋼($\rho=60\mu\text{オームcm}$)、及びインコネル($\rho=120\mu\text{オームcm}$)に対して効果的なセンサを提供している。図2の諸曲線を形成するように構成されている本システムは、(被計測物の)厚さ0から0.10cm

にかけて、被計測物の素材に影響されない直線状の変位出力信号を作成する。本発明における教示は、上述のどのパラメータの組に対しても、また、他の導電性を有する素材に対しても適用できることに注意されたい。
【0041】本システムにおいては、また、コイルのある特定の幾何学的形状を選択することが求められる。一般に、コイルの直径が小さく、高いQ値を有し、かつ製造コストが低いことが望ましい。図2の曲線を形成するのに用いられるコイルの幾何学的形状は、その内径が0.17cm、外形が0.38cm、長さが0.25cmでマグネットワイヤが640回転巻き付けである。本システムには、これらの変数が、インピーダンス平面を形成するために設けられる。電気的パラメータに対し敏感かつ変位に対しても非常に敏感であり、(グラフにおいて)ほぼ直線状の出力を示すように、ある特定の周波数(ω)が選択されねばならない。本システムにおいて、出力信号発生時に出力が直線状であることは要求されず、出力信号の後処理が簡単になる。信号の一般的な周波数は5KHzと10KHzとの間である。周波数パラメータは、本システムによって実行されるアルゴリズムにより、システムの全てのパラメータが許容できる敏感さを有するようになるまで反復される。使用されるアルゴリズムは、数値方法を用いた周知の方程式を実行するものである。ここで使用されるアルゴリズムからの出力は、変位及び抵抗率の異なるパラメータにおける実数部と定数部との関係を示すべくグラフ化される。

【0042】図2に示されるように、温度、周波数、変位(もしくはリフトオフ)、及び抵抗率と透過性との組み合わせがすべて一定なある特定のコイルの幾何学的形状に関しては、その一定の変位(リフトオフ)曲線を定義するインピーダンス平面上、特定の一点がある。もし、未知のパラメータのうちの2つ(例えば、抵抗率/透過性の組み合わせと変位、厚さと変位など)のみが変化するならば、一般にコイルの幾何学的形状と操作周波数との関係において特定の出力パラメータの組(例えば、変位と抵抗率など)にインピーダンス平面上のある特定一点が対応することが見出される。

【0043】図に示されている本発明の好適実施例が、図3においてより詳細に図示されている。本システムの電子図路12は、発信器(オシレータ)50を有し、オ

シレータ50はインピーダンス回路網(ネットワーク)52、うず電流センサ16及び一般に並列共振(parallel resonating)コンデンサ54を駆動する。オシレータ50は所定の周波数(W)及び振幅($Z_r L O^\circ$)で駆動され、0度を計測されたとき一般に一連のコンデンサを介してインピーダンスネットを励磁する。インピーダンスネットワーク、並列キャパシタンス及びオシレータの周波数は、上述の計測の目的に基づき、センサでの駆動信号($Z_s L \phi^\circ$)の振幅及び位相のオシレータに対する変化を最適にするように選択される。検知信号が回線56にもたらされ、振幅検知回路58及び位相検知回路60により復調されて、回線62及び回線64に各々独立した振幅出力信号及び位相出力信号が作り出される。これらの信号はプロセッサ70に送られる前にアナログデジタル変換器66、68に送られ、その結果、プロセッサ70での処理のため用いられる信号がセンサからの振幅出力信号及び位相出力信号(各々独立している)になる。これらの信号が回線71(計測されているパラメータのうち少くとも1つに関連している)にデジタルもしくはアナログどちらかの出力信号をもたすべく処理される。当業者であればアナログ処理もまた利用し得ることは、明らかであろう。

【0044】位相及び振幅平面に平行移動する成分を(結果的に発生する)センサインピーダンスが有するように、インピーダンスネットワーク及び平行キャパシタンスが選択される。一般的なケースにおいては、計測された効果が位相及び振幅平面において直交している必要はない。むしろ、参照用テーブルあるいは数値的方法を用いて位相座標及び振幅座標を抵抗率(もしくは厚さ等の他のパラメータ)及び変位に平行に移せる場合、上記インピーダンスの構成要素が平面上のある特定の一点に対応して位置することが必要である。しかし、(このとき)数値解析を用いることにより、出力信号の位相及び振幅が特殊な性質(直線的な変位、温度の相対的安定性、位相の効果及び振幅の効果がほぼ直交すること等)を有するように、共振キャパシタンス及びインピーダンスネットワークを選択可能である。もし位相における特徴と振幅における特徴とが直交するならば、2つの信号がほとんど影響し合わないため、処理がずっと容易になる。一つの例として、一方の出力信号が距離に、他方の出力信号が素材の特質に関連している場合がある。しかし、パラメータの一方が独立しており、他方のパラメータがこの独立したパラメータに従属している場合、解が得られる可能性はもっと高くなる。つまり、この場合パラメータが各々独立している場合よりも解がずっと容易に得られる。

【0045】図4及び図5に示されている曲線を形成するために、インピーダンスネットワークは一連の抵抗(100Ω)及びコンデンサ(1250pF)からなる。平行コンデンサは5000pFであり、センサは上

述のように45ΩのDC抵抗を有する。この構成により、主に出力信号の電圧マグニチュードにおいて出現する変位が計測されると共に、主に位相電圧（phase voltage）として起こる抵抗率の及ぼす効果がもたらされる。図4において、軸72は位相電圧に対応し、一方、軸74は出力信号の電圧のマグニチュードを示す。見出し76は、異なる種類の素材を各々抵抗率の値によって示している。ゆえに、曲線78-84は、変位を抵抗率の関数として示している。同じデータを各素材の厚さにより特定される曲線（見出し97参照）を用いて、図5

10 に示される一群の変位曲線86-96としてグラフ化することができる。ここでもまた、位相及びマグニチュード平面上のある特定の一点が、ある特定の変位及び抵抗率に移される。

【0046】幾つかの変位において計測された位相電圧により形成された一群の変位曲線98-104が、図6に図示されている。見出し106は、各素材の抵抗率を示す。素材に対する出力信号の位相は、変位に対して比較的独立しているが、完全に独立してはいないことに注目されたい。実験において素材を選び分け特定するために、好適実施例のプロセッサ回路に単純な電圧比較器回路を付加してもよい。

【0047】図7は、出力信号の電圧のマグニチュードをセンサの変位と比較して図示したものである。曲線107-112の出力信号は、見出し114に抵抗率が示されている各種の素材に対するオフセットシフトにより特徴づけられる。素材を決定するべく位相電圧からの情報をを用いながら、本システムはオフセット補正信号を既知の方法で発生させ、オフセット補正信号は曲線107-112の信号に付加されて、素材から比較的影響を受けない変位出力信号を作成し、同時にその素材が何かを認識する出力信号を作成する。

【0048】本発明は上述のシステムに代わる別の実施例を含む。上述したように、缶製造過程においては、アルミニウム製のカップ体を一連の型を介して引き延ばして完成された缶体を形成するため、パンチが使用される。型の磨耗や他の要因により起こる缶の厚さ変化に比べ、パンチの厚さの変化はわずかに長い期間にわたり起こる。缶の厚さの他に、上記の製造過程においてパンチの中心線が動く位置を知ることが望ましい。図8に示されるセンサの構造は、缶の厚さ及びパンチの中央線が動く位置の両方を同時に計測することを可能にし、よって図1に関連して説明されたセンサの構造よりも幾つかの点で有利である。

【0049】図8に、一対の向き合ったセンサ116、118から成る差動センサアセンブリ114が示されており、2つのセンサ116、118は、断面図で示されている基体（基板）120に面している。基体120はクラッティング122を含み、クラッティング122はパンチ124の外表面に受容されている。回線12

6、128にもたらされるセンサ出力信号は変位に対応し、各出力信号の電圧のマグニチュードから派生したものである。これらの信号が差動的に組み合わせられて1つの差動出力信号が作成され、この差動出力信号はパンチの中心線位置を計算するために用いられる。差動出力信号は缶がそこにあってもなくてもあまり影響を受けず、ゆえに、パンチの中心線の位置をより正確に計測できるので、この点において本発明は有利である。図8の差動センサの実施例によれば、また、温度がより安定すると共に且つより直交する出力信号がもたらされ、この出力信号は、厚さを計測するのに用いられる位相出力信号のリフトオフ補正に使用する上で十分なマグニチュードを有する。

【0050】図9は、本発明に対応して設けられた第1の変形例としてのセンサシステムの単純化された概略図である。システム130は、図1に示されるシステムと実質的に同一であり、回線134を介して励磁信号をセンサ136にもたらす制御回路構成要素132を含む。センサ136の内部には、センサコイル138がその一端が被計測物140に隣接するよう配置される。被計測物140は、基体142及び外側のクラッティング144を含む。

【0051】システム130には、励磁信号をコントローラから回線148を介して受容する第2センサ146がさらに含まれる。センサ146は被計測物140から距離を置いて配置され、よって被計測物140から電磁的に影響されない。しかし、第2センサ146は、第1センサ136と実質的に同一の環境内にあるように、よって、第1センサ136と同じ時間に同じ温度にあるように位置される。従って、第1センサ136及び第2センサ146の各信号を、温度の変動により生じる信号値のあらゆるドリフトを除去するために使用できる。第2のセンサの被計測物140からより距離をおいたコイルからの信号は、コントローラにより受容される。コントローラを有する制御回路構成要素132は、第2コイルからの信号のインピーダンスを基体表面に近い第1コイルからの信号と比較することにより達成される補償（compensation term）をもたらす。ゆえに、温度の変動により引き起こされた第1センサ136内での信号のドリフトが一切除去される。この構成において、本発明の複数のコイルを使用するが、しかし使われ方は従来の技術による装置における使われ方と同じではない。従来例のように励磁コイル及びセンサコイルから成る一組のコイルを使用するのではなく、本発明は第2のコイルを温度補償の目的のために使うだけである。

【0052】図10は、本発明に従って設けられる第2の変形例としてのシステム150の単純化された概略図であり、被計測物151の位置を決定するべく差動的に操作される2つのセンサを特徴とする。システム150において、センサ152、154は各々回線158、1

60を介してコントローラ156情報をやり取りする。センサ152、156は差動的に操作され、各センサに対する被計測物の位置を示す第1の信号及び第2の信号を発生する。センサ152から送られ受容される信号のマグニチュードが、センサ154からの信号のマグニチュードから索引される。被計測物の厚さを示す信号は、最初に各センサからの位相出力に関連している。この厚さに関する信号は、差動的なマグニチュード信号による位置に起因する誤差をコントローラにより補正される。この第2の変形例としてのシステム150の位置出力は、その第2センサが上記のように使用されるため被計測物の厚さ及び温度による影響からさらに離れることができる。

【0053】本発明は、その好適実施例に関して図示され説明されたが、当業者であれば、本発明の精神及び範囲から逸脱することなく様々な他の変更、省略及び追加をこれになく得ることは理解されよう。

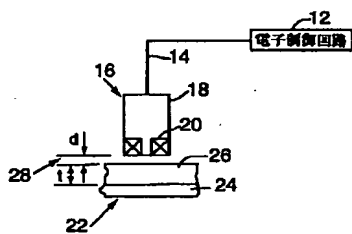
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明により提供されるシステムの単純化された概略図である。

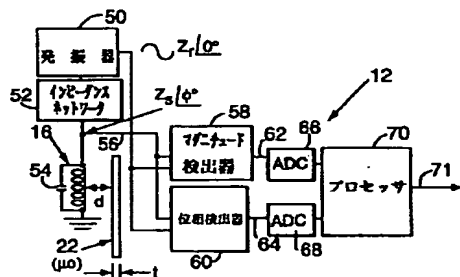
【図2】図1のシステムにより実行されるアルゴリズムを用いた正規化インピーダンスに対する電気的性質及び距離の効果を示すグラフである。

【図3】図1のシステムの電気的回路構成要素のより詳細な概略図である。

【図1】



【図3】



* 【図4】図1のシステム出力信号を示すグラフである。

【図5】図の出力信号を示す2番目のグラフであり、一群の変位曲線として示されている。

【図6】被計測物の表面からの複数のセンサ変位において計測された位相電圧により形成された一群の変位曲線を示すグラフである。

【図7】本システムによりもたらされる出力信号の電圧のマグニチュードを被計測物からのセンサ変位と比較して示すグラフである。

10 【図8】本発明の実施例の一部であって図1に示されているシステムの変形例としての差動センサアセンブリを示す単純化された概略図である。

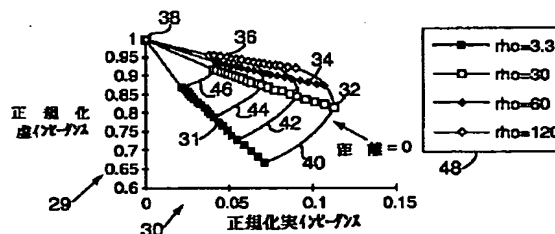
【図9】本発明により提供される別の変形例であって、2つのセンサを特徴とするシステムの単純化された概略図である。

【図10】本発明により提供されるもう1つの別の変形例であって、被計測物の位置を決定するべく差動的に操作される2つのセンサを特徴とするシステムの単純化された概略図である。

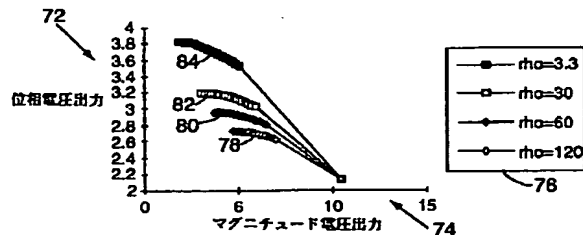
20 【符号の説明】

- 10 うず電流センサ
- 12 信号条件化電気装置
- 14 接続ケーブル
- 20 コイル
- * 22 被計測物

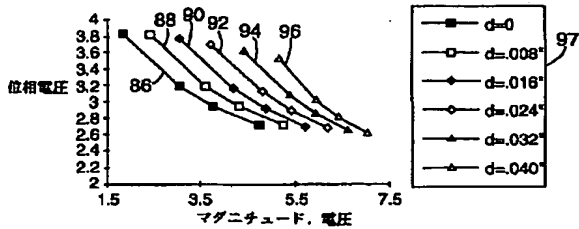
【図2】



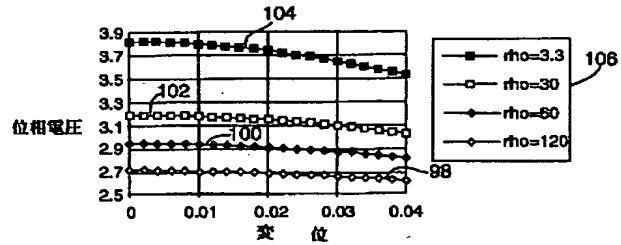
【図4】



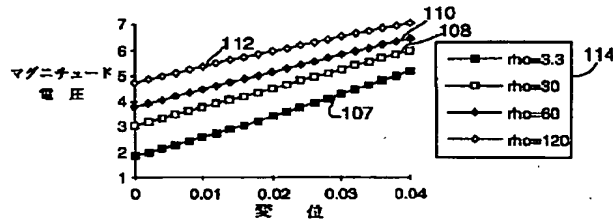
【図5】



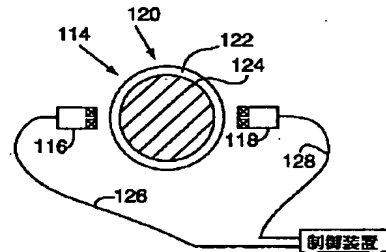
【図6】



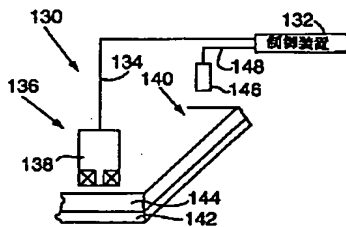
【図7】



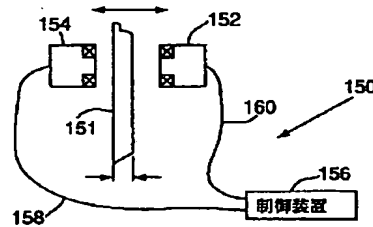
【図8】



【図9】



【図10】



【手続補正書】

【提出日】平成8年8月9日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 被計測物の物理的パラメータ特性を計測する方法であって、上記被計測物の物理的パラメータが素材、厚さ、温度、透磁率及び導電率を含み、予め選択された直径の電気コイルを有する電流センサを設けるステップと、上記コイルを上記被計測物から選択された分離距離だけ離して位置するステップと、選択された角周波数の励磁信号を上記コイルに供給するステップと、上記励磁信号を計測して上記被計測物のパラメータを決定

するステップとを含む方法において、システムの電気的パラメータを決定する電気的構成要素を有すると共に、上記システムの電気的パラメータにより決定される励磁回路インピーダンスをさらに有する励磁回路を設けるステップと、上記被計測部の透磁率と抵抗率との実効積及び上記分離距離が励磁回路インピーダンス平面上において一点に位置するように選択された一つの角周波数において、励磁信号を上記コイルに供給するステップと、上記励磁信号の電圧の振幅（マグニチュード）を計測するステップと、上記励磁信号の位相を計測するステップと、上記励磁回路インピーダンス平面上の一点を示す信号を発生させるステップと、上記パラメータのうち所望の一つの計算値を示す信号を

発生させるステップとを含むことを特徴とする方法。

【請求項2】 上記被計測物の透磁率及び導電率の実効積が上記インピーダンスの虚成分としてのみ機能し、上記分離距離の大きさが上記インピーダンスの実成分としてのみ機能するように予め選択された一つの角周波数において、励磁信号を上記コイルに供給するステップと、上記被計測物の透磁率及び導電率の積の計算値を示す信号を発生させるステップとをさらに含む請求項1記載の方法。

【請求項3】 被計測物の物理的パラメータ特性を計測するシステムであって、上記被計測物の物理的パラメータが素材、厚さ、温度、透磁率及び導電率を含み、電流センサと、上記センサを上記被計測物からある選択された分離距離だけ離して位置する手段と、予め選択されたある角周波数で励磁信号を上記センサに供給する信号発生手段と、上記励磁信号を計測して上記被計測物のパラメータを決定する手段とを含むシステムにおいて、システムの電気的パラメータを決定する電気的構成要素を有すると共に、上記システムの電気的パラメータにより決定される励磁回路インピーダンスをさらに有する励*

* 磁回路と、

上記励磁回路に電気的に接続され、直径が予め選択された一つの電気コイルを有するセンサと、

上記被計測物の透磁率と抵抗率との実効積及び上記分離距離が励磁回路インピーダンス平面において一点に位置するように予め選択された一つの角周波数において励磁信号を上記コイルに供給する信号発生手段と、

上記励磁信号の電圧のマグニチュードを計測する手段と、

上記励磁信号の位相を計測する手段と、

上記パラメータのうち所望の一つを示す出力信号を発生させるプロセッサ手段とを含むことを特徴とするシステム。

【請求項4】 上記被計測物の励磁率及び導電率の上記実効積が上記インピーダンスの虚成分としてのみ機能し、上記分離距離の大きさが上記インピーダンスの実成分としてのみ機能し、上記プロセッサ手段が、上記被計測物の励磁率と導電率との実効積の計算値を示す信号を発生させる手段を含む請求項3記載のシステム。

フロントページの続き

(71)出願人 596111575

1500 Garden of the Gods Road Colorado Springs, COLORADO, USA

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.